

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①2 Patentschrift
⑩ DE 42 44 596 C 1

⑤1 Int. Cl.⁵:
C 12 C 11/00
// C 12 N 11/14, 1/18

②1 Aktenzeichen: P 42 44 596.5-41
②2 Anmeldetag: 31. 12. 92
④3 Offenlegungstag: —
④5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 10. 3. 94

DE 42 44 596 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:

Metallgesellschaft AG, 60323 Frankfurt, DE

⑦2 Erfinder:

Dziondziak, Klaus, Dr., 2080 Pinneberg, DE; Bönsch, Rudolf, Dr., 6506 Nackenheim, DE; Bodmer, Roland, 6369 Nidderau, DE; Eichelsbacher, Michael, 6500 Mainz, DE; Sander, Ulrich, Dr., 6382 Friedrichsdorf, DE; Mitschke, Peter, 6457 Maintal, DE; Schlichting, Eberhard, Dr., 6393 Wehrheim, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 41 42 646 C1
DE 41 11 879 A1
DE 37 04 478 A1
DE 18 04 343 A1
AT 2 89 685
EP 2 45 845 A1

Food Engineering Int'L., 1978, 22-27;
Brauindustrie, 1991, 514-520;
Brauwelt, 1979, 492-494;

⑤4 Verfahren zur Herstellung von alkoholfreiem Bier

⑤7 Es wird ein Verfahren zur Herstellung von alkoholfreiem Bier beschrieben, bei dem stärkehaltige Rohstoffe zerkleinert und ggf. zu Malz verarbeitet, aus den zerkleinerten und ggf. gemälzten Rohstoffen eine Würze gewonnen und die Würze der alkoholischen Gärung unterworfen wird. Dieses Verfahren läuft kontinuierlich ab, wobei die Rohstoffe eingemaischt werden, wobei die Maische auf 75 bis 85°C erhitzt wird, wobei der Treber aus der Maische in einem Dekantersystem abgetrennt wird, wobei die feststofffreie Würze gehopft, gekocht, entspannt und abgekühlt wird, wobei die abgekühlte Würze in mindestens einem Fermenter in Gegenwart eines Biokatalysators vergoren wird, wobei die sich bildenden freien Hefezellen abzentrifugiert werden, wobei aus einem Teilstrom des heißen Biers der Alkohol entfernt wird, wobei der zweite Teilstrom des heißen Biers abgekühlt wird und wobei beide Teilströme in der Weise gemischt werden, daß in der Mischung ein Alkoholgehalt < 2,5 Vol.-% resultiert.

DE 42 44 596 C 1

BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung von alkoholarmem Bier, bei dem stärkehaltige Rohstoffe zerkleinert und ggf. zu Malz verarbeitet, aus den zerkleinerten und ggf. gemälzten Rohstoffen eine Würze gewonnen und die Würze der alkoholischen Gärung unterworfen wird. Bier ist ein Sammelbegriff für alle aus stärkehaltigen Rohstoffen durch alkoholische Gärung gewonnenen Getränke. Alkoholarmes Bier im Sinne der vorliegenden Patentanmeldung enthält weniger als 2,5 Vol.%, vorzugsweise weniger als 1 Vol.% Alkohol.

Stärkehaltige Rohstoffe können nicht direkt vergoren werden, sondern sie sind vorher zu "verzuckern". Dabei sind hydrolytisch wirkende Enzyme (Amylasen, Proteasen, Glucanasen) aktiv. Die Stärke wird bei der Verzuckerung in Dextrine und gärungsfähige Zucker überführt. In der Regel wird zur Herstellung von Bier Malz verwendet, das üblicherweise aus geeigneten Gerstensorten in der Weise gewonnen wird, daß die Gerste zunächst mehrere Tage bei 15 bis 18°C zum Keimen gebracht wird und daß anschließend eine Trocknung der gekeimten Gerste bei Temperaturen bis zu 100°C erfolgt. Das von Staub und Keimen befreite Malz, in dem die Stärke bereits teilweise in Form von Dextrinen und Maltose vorliegt und das außerdem arteigene hydrolytisch wirkende Enzyme enthält, die während der Würzebereitung die Verzuckerung der Stärke zum Abschluß bringen, wird zerkleinert. Das zerkleinerte Malz wird mit Wasser eingemaischt und bei 35 bis 75°C behandelt, wobei die Verzuckerung zum Abschluß kommt und die Dextrine sowie die vergärbaren Zucker in Lösung gehen. Nach Abtrennung der unlöslichen Bestandteile (Treber) wird die Würze gekocht.

Vor und/oder während der Kochung erfolgt die Aromatisierung der Würze mit Hopfen oder Hopfenextrakt. Nach Abtrennung von Trubstoffen und Kühlung der gehopften Würze wird der für die Gärung erforderliche Sauerstoff zugesetzt, und es schließt sich die Gärung an, die bei 6 bis 20°C während mehrerer Tage durchgeführt wird. Die Nachgärung erfolgt bei -2 bis 3°C. Anschließend wird das Bier filtriert und ggf. mit CO₂ versetzt. Werden anstelle von Malz ungemälzte Cerealien oder andere stärkehaltige Rohstoffe verwendet, so erfolgt die Verzuckerung in speziellen Fällen in der Weise, daß die stärkehaltigen auf gemahlene Rohstoffe mit Wasser vermischt und anschließend durch nichtarteigene, hydrolytisch wirkende Enzyme aufgeschlossen — also in Dextrine und gärungsfähige Zucker — überführt werden.

Alle Verfahrensstufen der Bierherstellung werden normalerweise im Batchbetrieb durchgeführt. Um die Wirtschaftlichkeit der Bierherstellung zu verbessern, wurde bereits ein teilkontinuierlicher bzw. kontinuierlicher Braubetrieb vorgeschlagen. Die kontinuierliche Biergewinnung unter Verwendung von immobilisierten Hefezellen, die seit einigen Jahren intensiv untersucht wird, ist aber immer wieder aus unterschiedlichen Gründen als nicht restlos befriedigend kritisiert worden.

Die Veröffentlichung von P. Kollnberger, Brauereindustrie 6/91, Seiten 514 bis 520 gibt einen allgemeinen Überblick über kontinuierliche Brauverfahren und kommt zum Ergebnis, daß Gesamtanlagen der kontinuierlichen Bierherstellung bisher nicht bekannt geworden sind, da die Bierherstellung von zu vielen Faktoren abhängig ist, um einen kontinuierlichen Gesamtprozeß zu rechtfertigen.

So ist aus der Veröffentlichung von L. Ehnstrom, Food Engineering int'l, Dezember 1976, Seiten 22—27, ein kontinuierliches Verfahren zur Würzegewinnung bekannt, bei dem die Rohstoffe bis zu einer Teilchengröße von 160 bis 500 µm trockengemahlen werden, bei dem das Maischen in einem Rohrreaktor erfolgt, bei dem die Läuterung durch Gegenstromextraktion in mehreren Separatoren durchgeführt wird und bei dem die Kochung durch direktes Einblasen von Dampf unter Druck bei 140 bis 150°C sowie anschließendes Entspannen in ein Vakuum bis zu einer Temperatur von 65 bis 95°C ausgeführt wird.

Die Veröffentlichung von S. Julin und H. Berger, Brauwelt 15, 1979, Seiten 492 bis 494, schlägt eine Hochtemperatur-Würzekochung vor, bei der die gehopfte Würze in drei Spiralwärmetauschern stufenweise auf eine Temperatur von ca. 140°C gebracht und nach Durchlaufen einer Reaktionsstrecke, die eine Heizhaltezeit von 5 Minuten gewährleistet, in zwei Stufen auf Umgebungsdruck entspannt wird, wobei sich eine Temperatur von ca. 100°C in der gekochten Würze einstellt. Die Veröffentlichungen von Julin und Berger sowie Ehnstrom offenbaren also Teilprozesse der kontinuierlichen Bierherstellung; sie enthalten aber keine Vorschläge zur Einkopplung der kontinuierlichen Würzeherstellung in ein kontinuierliches Gär- und Reifeverfahren.

Die DE-OS 18 04 343 betrifft eine Vorrichtung zur Trennung der Würze von den Trebern, die im wesentlichen aus einer Maischpfanne und zwei nachgeordneten Extrakteuren besteht. Die Extrakteure sind jeweils in eine vordere und eine rückwärtige Kammer unterteilt, wobei die Maische kontinuierlich von der Maischpfanne aus durch die Extrakteure zum Treberaustag befördert wird. Der deutschen Offenlegungsschrift ist allerdings nicht zu entnehmen, ob und gegebenenfalls wie die dort vorgeschlagene Abtrennung der Würze von den Trebern in einen kontinuierlichen Brauprozess eingekoppelt werden kann.

In der AT-PS 289685 wird ein Verfahren zum kontinuierlichen Vergären von Bierwürze vorgeschlagen, daß bei ca. 10°C abläuft und bei dem die in Gärung befindliche Würze innerhalb eines Behälters unter Druck vergoren wird, wobei Strömungsgeschwindigkeit und Strömungsrichtung praktisch in jedem Bereich des Gärbehälters konstant sind. Die im Behälter befindliche Fermentationsflüssigkeit ist als eine aus Würze und Kohlensäure bestehende Emulsion konstanter Zusammensetzung ausgebildet, deren spezifisches Gewicht einen konstanten Wert zwischen 0,15 und 0,40 g/cm³ hat, was auf einen außerordentlich hohen CO₂-Gehalt hindeutet, der sowohl verfahrenstechnische Nachteile als auch Qualitätseinbußen des fertigen Bieres zur Folge hat. Bei diesem Verfahren ist vorgesehen, daß die aufsteigende Bewegung innerhalb des Behälters durch Einblasen von CO₂ erzeugt wird, welches dem oberen Teil des Behälters entnommen wurde.

Es ist ferner bekannt, aus dem alkoholhaltigen Bier den Alkohol abzutrennen, was durch Entspannungsverdampfung, Strippen mit Gasen oder Permeation an einer Membran erfolgen kann. So wird beispielsweise in der EP-OS 245845 ein Verfahren zur Herstellung von alkoholfreien Bieren vorgeschlagen, bei dem zur Desorption des Alkohols ein Gas durch ein alkoholhaltiges Bier geleitet wird und bei dem der auftretende Geschmacksverlust des Bieres durch Stoffe ausgeglichen wird, die den Geschmack des Bieres verbessern. Als Gas kann bei dem bekannten Verfahren auch Luft verwendet werden.

Auch die Herstellung von alkoholarmem Bier wurde

bereits vorgeschlagen. Beispielsweise ist aus der DE-OS 41 11 879 ein Verfahren zur Herstellung von Bier mit einem Alkoholgehalt < 0,5 Vol. % durch Fermentation bei niedriger Temperatur mit entsprechend der geringen Alkoholkonzentration kontrollierter, niedriger Verweilzeit in der Fermentation bekannt, bei dem die Fermentation kontinuierlich in einem Festbett- oder Wirbelbettreaktor mit auf offenporigem Sinterglas als Träger mit Poren zwischen 50 und 500 µm auf gewachsener Hefe durchgeführt wird, wobei die Fermentation bei Temperaturen zwischen 0 und 6°C mit Verweilzeiten von 1 bis 12 Stunden abläuft.

Schließlich offenbart die DE-PS 41 42 646 ein Verfahren zur Herstellung eines alkoholfreien Bieres mit einem Alkoholgehalt < 0,5 Gew.-%, bei dem eine erste Vollbierwürze weitestgehend durchgegoren und das dabei erhaltene Produkt auf einen Alkoholgehalt < 0,5% entalkoholisiert wird, bei dem eine zweite Vollbierwürze mit Brauwasser bis auf einen Stammwürzegehalt von Einfachbier verschnitten und das dabei erhaltene Produkt bis auf einen Alkoholgehalt von < 0,5% durchgegoren wird und bei dem das entalkoholisierte Vollbier sowie das Einfachbier zu einem alkoholfreien Schankbier verschnitten werden. Das aus der DE-PS 41 42 646 bekannte Verfahren arbeitet nicht kontinuierlich.

Es hat sich gezeigt, daß die nach bekannten Verfahren hergestellten alkoholarmen Biere von einem Teil der Verbraucher als geschmacklich unbefriedigend beurteilt werden. Ferner hat sich gezeigt, daß die einzelnen Schritte des Brauverfahrens so aufeinander abgestimmt werden müssen, daß die kontinuierliche Verfahrensführung bei minimalen Betriebskosten möglich wird.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein kontinuierlich arbeitendes Verfahren zur Herstellung von alkoholarmem Bier zu schaffen, das über einen langen Zeitraum die Produktion eines Bieres von hoher gleichbleibender Qualität gestattet und die einzelnen Schritte des Brauverfahrens so miteinander verknüpft, daß niedrige Produktionskosten resultieren.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird dadurch gelöst,

a) daß die zerkleinerten und ggf. gemälzten Rohstoffe mit Wasser eingemaischt und die Maische, die eine Temperatur von 35 bis 75°C hat, mindestens einem Reaktor kontinuierlich zugeführt wird, wobei die Temperatur der Maische vor Eintritt in die einzelnen Reaktoren durch indirekten Wärmeaustausch stufenweise auf eine Endtemperatur von 75 bis 85°C angehoben wird, wobei die Verweilzeit der Maische in den Reaktoren 30 bis 90 Minuten beträgt und wobei die Maische in den einzelnen Reaktoren auf einem definierten Temperaturniveau gehalten wird,

b) daß der Treber aus der Maische in einem Dekanter kontinuierlich abgetrennt und anschließend mit dem Brauwasser in einem zweistufigen Dekanter ausgelaut wird,

c) daß die feststofffreie, heiße Würze mit Hopfen oder Hopfenextrakt gemischt sowie kontinuierlich einem Durchflußreaktor zugeführt und auf eine Temperatur von 105 bis 140°C erhitzt wird sowie während der Durchgangszeit durch den Reaktor von 2 bis 60 Minuten auf dieser Temperatur und auf einem Druck von 1,2 bis 3,6 bar gehalten wird,

d) daß die unter Druck stehende Würze einer Entspannungsverdampfung unterworfen, in einem Separator kontinuierlich von den Trubstoffen befreit

und anschließend in einem Wärmeaustauscher auf die Vergärungstemperatur abgekühlt wird,

e) daß die abgekühlte Würze mit einem Sauerstoffgehalt von 0,5 bis 3,0 mg O₂/l mindestens einem als Schlaufenreaktor gestalteten Fermenter kontinuierlich zugeführt wird, der bei einer Temperatur von 6 bis 25°C sowie einem Druck von 1,5 bis 2 bar arbeitet, in dem die Würze eine mittlere Verweilzeit von 1 bis 40 Stunden hat sowie ständig im Kreislauf geführt wird und in dem sich ein Biokatalysator befindet, der eine biologisch aktive Hefe enthält,

f) daß während der Gärung kontinuierlich flüssiges Medium aus dem Fermenter abgezogen, zur Entfernung der sich darin befindlichen freien Hefezellen zentrifugiert, das enthefte flüssige Medium während 0,5 bis 30 Minuten auf 50 bis 90°C erhitzt und in drei Teilströme heißen Bieres aufgeteilt wird,

g) daß ein Teilstrom des in der Verfahrensstufe f) anfallenden heißen Bieres abgekühlt und in den Fermenter zurückgeführt wird,

h) daß aus einem zweiten Teilstrom des in der Verfahrensstufe f) anfallenden heißen Bieres der Alkohol kontinuierlich durch Strippen mit Luft und/oder Wasserdampf oder durch Entspannungsverdampfung entfernt und das entalkoholisierte Bier mit dem dritten Teilstrom verschnitten wird, wobei das Mengenverhältnis des zweiten und dritten Teilstroms so gewählt wird, daß in der Mischung ein Alkoholgehalt < 2,5 Vol. %, vorzugsweise < 1 Vol. %, resultiert und

i) daß das in Verfahrensstufe h) anfallende heiße, alkoholarme Bier abgekühlt, filtriert und mit CO₂ versetzt wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich in vorteilhafter Weise sowohl zur Verarbeitung von Malz, wodurch die Einhaltung des deutschen Reinheitsgebotes erreicht wird, als auch zur Verarbeitung anderer stärkehaltiger Rohstoffe, wie z. B. Mais oder Sorghum. Der kombinierte Einsatz von Durchflußreaktoren, Dekantern, Biokatalysatoren, nach dem Prinzip des Schlaufenreaktors arbeitenden Wirbelbett-Fermentern und der Alkoholabtrennung durch Strippen oder Entspannungsverdampfung gestattet eine kontinuierliche Prozeßführung, wobei Fremdinfectionen auch bei Betriebszeiten > 8000 Stunden wirksam beherrscht werden. Insbesondere wird durch die Abtrennung der freien Hefezellen eine optimale Nährstoffzufuhr in den Biokatalysator sowie eine Erhaltung der Langzeitaktivität und der Struktur des Biokatalysators erreicht. Ferner ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren eine optimale Rohstoff- und Energieausnutzung bei geringen Investitionskosten. Die gute geschmackliche Qualität des nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Biers wird insbesondere darauf zurückgeführt, daß in der Verfahrensstufe h) durch das Strippen mit Luft oder die Entspannungsverdampfung nicht nur der Alkohol, sondern in vorteilhafter Weise auch die Abtrennung des durch thermische Umwandlung von α-Acetolactat gebildeten Diacetyls erreicht wird und die biertypischen Geschmacksstoffe weitgehend erhalten bleiben. Da durch die erfindungsgemäße Entalkoholisierung eines Teilstroms ein Produkt mit sehr niedrigem Alkoholgehalt erhalten wird, kann der entalkoholisierte Teilstrom mit einer nennenswerten Menge alkoholhaltigen Biers verschnitten werden, um beispielsweise ein alkoholar-

mes Bier mit einem Alkoholgehalt $< 0,5$ Vol.% herzustellen, das gemäß den deutschen lebensmittelrechtlichen Bestimmungen noch als alkoholfrei gilt. Durch das nach dem erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehene Verschneiden wird erreicht, daß während des Brauprozesses gebildete erwünschte Geruchs- und Geschmacksstoffe in den alkoholfreien Teilstrom eingetragen werden und dessen Geschmack verbessern.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann besonders vorteilhaft durchgeführt werden, wenn die Verfahrensstufe c) bei einer Temperatur von 110 bis 125°C sowie einem Druck von $1,4$ bis $2,3$ bar durchgeführt wird.

Ferner ist in weiterer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, daß die Entspannungsverdampfung gemäß Verfahrensstufe d) in zwei Stufen erfolgt, wobei in der ersten Stufe auf 1 bar und in der zweiten Stufe auf $0,3$ bis $0,7$ bar entspannt wird. Die zweistufige Entspannungsverdampfung ermöglicht eine optimale Wärmerückgewinnung. Nach der Erfindung hat es sich als besonders vorteilhaft erwiesen, wenn während der Entspannungsverdampfung CO_2 zugeführt wird, denn durch diese Maßnahme werden noch vor der Vergärung unerwünschte Geruchs- und Geschmacksstoffe aus der Würze abgetrieben.

In einigen Fällen hat es sich als zweckmäßig erwiesen, wenn die Würze nach Abtrennung der Trubstoffe gemäß Verfahrensstufe d) in einen Lagerbehälter geführt wird und wenn die dem Lagerbehälter entnommene Würze vor ihrem Eintritt in den Wärmeaustauscher der Stufe d) kurzfristig auf 60 bis 100°C erhitzt wird. Hierdurch kann im Bedarfsfall, z. B. bei einer Betriebsstörung oder während Reinigungsarbeiten, eine längere Lagerung der vergärungsfähigen Würze erfolgen, ohne daß eine Infektion der Fermentationsstufe durch die in der gelagerten Würze möglicherweise enthaltenen Mikroorganismen zu befürchten wäre.

Zur Herstellung eines qualitativ hochwertigen alkoholarmen Bieres wird die Würze erfindungsgemäß lediglich durch einen Fermenter geführt, in dem die Verweilzeit 1 bis 8 Stunden beträgt. Nach der Erfindung ist es zweckmäßig, wenn das enthefte flüssige Medium gemäß Verfahrensstufe f) während 15 bis 20 Minuten auf 60 bis 65°C erhitzt wird; durch diese Behandlung tritt keine negative Geschmacksveränderung des Bieres ein.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß aus dem 50 bis 60°C heißen Teilstrom des Biers der Alkohol gemäß Verfahrensstufe h) durch Strippen mit Luft in einer Kolonne entfernt wird, wobei die Luft mit Wasserdampf angereichert ist und eine Temperatur von 60 bis 100°C hat, und daß das alkoholfreie Bier anschließend auf 1 bar entspannt wird. Diese Verfahrensführung gestattet eine weitgehend quantitative Abtrennung des Alkohols, ohne daß dabei eine negative Geschmacksveränderung des Bieres eintritt. Zur Entalkoholisierung des Bieres werden vorzugsweise 3 bis 6 Nm^3 Luft pro l Bier benötigt. Der Wasserdampfgehalt der Luft liegt vorzugsweise bei 85 bis 95% der Sättigungskonzentration, bezogen auf die Temperatur der Luft am Stripperaustritt. Ein merklicher Verlust an erwünschten Geruchs- und Geschmacksstoffen tritt während des Strippens nicht ein.

Nach der Erfindung ist es in einigen Fällen zweckmäßig, wenn das in der Verfahrensstufe h) gewonnene alkoholarme Bier einem als Schlaufenreaktor gestalteten Fermenter zugeführt wird, der bei einer Temperatur von 0 bis 6°C sowie einem Druck von $1,2$ bis $1,5$ bar arbeitet, in dem das alkoholarme Bier eine Aufenthaltszeit von $0,2$ bis 2 Stunden hat und in dem sich ein Bioka-

talysator befindet, der mit dem in Verfahrensstufe e) verwendeten Biokatalysator identisch ist. Durch diese Nachgärung des alkoholarmen Bieres bei tiefer Temperatur tritt keine nennenswerte Erhöhung des Alkoholgehalts ein; allerdings kann durch die Nachgärung die geschmackliche Qualität des alkoholarmen Bieres noch weiter verbessert werden.

Nach der Erfindung ist es besonders vorteilhaft, wenn der Biokatalysator einen TiO_2 -Gehalt von 5 bis 30 Gew.% aufweist sowie eine biologisch aktive Hefe und eine gelartige Matrix enthält, wobei die TiO_2 -Teilchen einen Durchmesser von $0,1$ bis $1 \mu\text{m}$ haben und der Katalysator kugelförmig ist. Der Biokatalysator hat den Vorteil, daß er gleichmäßig im Wirbelbett des Fermenters verteilt werden kann, gute mechanische Festigkeitseigenschaften besitzt und lediglich Substanzen enthält, die natürlichen Ursprungs sind bzw. die sich in chemischen bzw. biologischen Reaktionssystemen inert verhalten.

Schließlich hat es sich nach der Erfindung als besonders vorteilhaft erwiesen, wenn das Einmalmaischen der zerkleinerten Rohstoffe gemäß Verfahrensstufe a) in einer Kolloidmühle erfolgt. In der Kolloidmühle wird nicht nur eine gute Durchmischung, sondern auch eine nochmalige Zerkleinerung der eingemaischten Rohstoffe erreicht.

Der Gegenstand der Erfindung wird nachfolgend anhand des in der Zeichnung dargestellten Verfahrensfließbildes näher erläutert.

Braugerste wird befeuchtet und bei einer Temperatur von 15 bis 18°C innerhalb von 8 Tagen gekeimt, wobei das Grünmalz gebildet wird. Das Grünmalz wird an der Luft getrocknet und anschließend auf Horden bei 50 bis 85°C gedarrt. Das dabei gebildete Darmmalz wird von Keimen und Staub befreit sowie anschließend geschrotet. Beim Keimen und Darren bilden sich arteigene, hydrolytisch wirkende Enzyme, welche die in der Braugerste enthaltene Stärke teilweise verzuckern. Die vorstehend beschriebenen Arbeitsgänge sind im Verfahrensfließbild nicht dargestellt.

Aus dem Vorratstank 1 wird das geschrotete Malz über die Leitung 2 kontinuierlich in die Kolloidmühle 3 gefördert, der außerdem Brauwasser über die Leitung 4 kontinuierlich zugeführt wird. In der Kolloidmühle 3 wird das geschrotete Malz nochmal zerkleinert und gleichzeitig intensiv mit dem Brauwasser gemischt. Das Brauwasser wird in der Leitung 4 geführt und hat eine Temperatur von ca. 35°C , so daß die Maische die Kolloidmühle 3 mit einer Temperatur von 35°C verläßt.

Die Maische tritt über die Leitung 5 kontinuierlich in das Reaktorsystem 6 ein, das aus den beiden Rührreaktoren 6a und 6b, den beiden Durchflußreaktoren 6c und 6d sowie dem Wärmeaustauscher 6e besteht. Am Eintritt des Reaktorsystems 6 hat die Maische eine Temperatur von 35°C ; sie wird im Rührreaktor 6a bei dieser Temperatur etwa 20 Minuten gehalten. Die Maische fließt dann in den Rührreaktor 6b und hat hier bei einer Temperatur von 50°C eine Verweilzeit von ca. 20 Minuten (Proteaserast). Im Durchflußreaktor 6c wird die Maische während 8 Minuten bei einer Temperatur von 63°C gehalten (β -Amylaserast); es schließt sich im Durchflußreaktor 6d die α -Amylaserast an, die während 8 Minuten bei 73°C abläuft. In einem nachgeschalteten Wärmeaustauscher 6e wird die Maische auf 76 bis 78°C erhitzt, wobei die Enzyme inaktiviert werden. Die einzelnen Apparate des Reaktorsystems 6 erlauben die Einhaltung einzelner Rastzeiten bei definierten Temperaturen. Die den einzelnen Reaktoren vorgeschalteten

Wärmeaustauscher, in denen die definierten Temperaturen für die Rastzeiten eingestellt werden, sind in der Zeichnung nicht dargestellt.

Die Maische wird dem Reaktorsystem 6 kontinuierlich entnommen und über die Leitung 7 in einen dreistufigen Dekanter 8 gefördert, in dem eine Fest-Flüssig-Trennung nach dem Prinzip des Zentrifugierens erfolgt. In der ersten Dekanterstufe 8a wird der Treber abgetrennt und über die Leitung 12a in die zweite Dekanterstufe 8b gefördert. In der zweiten Dekanterstufe 8b erfolgt die Auslaugung des Trebers, wobei der zweiten Dekanterstufe 8b ein Teilstrom des Ablaufs der dritten Dekanterstufe 8c über die Leitung 13 zugeführt wird. Der ausgelaugte Treber wird über die Leitung 12b aus der zweiten Dekanterstufe 8b in die dritte Dekanterstufe 8c geführt, wo eine nochmalige Auslaugung stattfindet. Die in der dritten Dekanterstufe 8c ablaufende Auslaugung wird mit Wasser durchgeführt, das der dritten Dekanterstufe 8c über die Leitung 11 zugeführt wird. Der Ablauf der zweiten Dekanterstufe 8b sowie der nicht zur Auslaugung verwendete Teilstrom des Ablaufs der dritten Dekanterstufe 8c werden über die Leitungen 10a, 10b und 10c in die Leitung 4 gefördert; beide Ströme werden also als Brauwasser genutzt. Aus der dritten Dekanterstufe 8c wird der zweifach ausgelaugte Treber über die Leitung 12c abgeführt.

Die feststofffreie, heiße Würze wird aus der Leitung 9 kontinuierlich in den als beheizbaren Röhrenreaktor gestalteten Durchflußreaktor 14 gefördert, wo eine Kochung bei 115°C während einer Zeit von ca. 30 Minuten erfolgt. Während der Kochung wird ein Druck von ca. 1,7 bar eingestellt. Vor dem Eintritt der Würze in den Durchflußreaktor 14 wird sie mit Hopfenextrakt versetzt, der über die Leitung 15 zudosiert wird. Bei der Kochung der gehopften Würze erfolgt eine Isomerisierung von Inhaltsstoffen der Hopfenextrakte sowie eine Koagulation von Eiweißkörpern.

Aus dem Durchflußreaktor 14 wird die unter Druck stehende Würze über die Leitung 16 kontinuierlich in den Entspannungsverdampfer 17 gefördert, wo unter Abkühlung eine Entspannung auf 1 bar (Atmosphärendruck) erfolgt. Das Brüdenkondensat gelangt über die Leitung 18 in den Abwasserkanal, während die Würze über die Leitung 19 kontinuierlich in den Separator 20 gefördert wird, wo die Abtrennung der Trubstoffe erfolgt, die über die Leitung 21 ausgetragen werden. Die Trubstoffe werden zur Nutzung löslicher Inhaltsstoffe der zweiten Dekanterstufe 8b zugeführt und dort ausgelaugt. Die feststofffreie Würze gelangt dann über die Leitung 22 in den Wärmeaustauscher 23, wo eine Abkühlung auf die Vergärungstemperatur von 16°C erfolgt. Es ist möglich, die aus dem Wärmeaustauscher 23 abfließende gekühlte Würze in einen Lagerbehälter zu fördern. Der Lagerbehälter hat die Aufgabe, während der Reinigung der Kochapparate dem Fermenter kontinuierlich Würze zuzuführen. Dem Lagerbehälter kann auch ein Kurzzeiterhitzer nachgeschaltet werden, in dem die Würze erhitzt und damit entkeimt wird. In der Zeichnung sind Lagerbehälter und Kurzzeiterhitzer nicht dargestellt.

Aus dem Wärmeaustauscher 23 fließt die abgekühlte Würze über die Leitung 24 kontinuierlich in den Fermenter 25, der nach dem Prinzip des Schlaufenreaktors arbeitet, d. h., daß die Würze innerhalb des Fermenters im Kreislauf geführt wird, wobei das Verhältnis von Zulauf und Umlauf zwischen 1 : 30 und 1 : 80 liegt. Die Reaktionszone des Fermenters 25 enthält einen Biokatalysator, der durch das umlaufende flüssige Medium im

Wirbelzustand gehalten wird. Der Fermenter 25 wird bei einer Temperatur von 16°C und einem Druck von ca. 1,8 bar gefahren. Die in den Fermenter 25 eintretende gekühlte Würze wird in der Leitung 24 mit Luft gemischt, wobei ein Sauerstoffgehalt von 1,5 mg O₂/l Würze eingestellt wird. Die Luft wird über die Leitung 26 zugeführt. Das flüssige Medium hat im Fermenter 25 eine Aufenthaltszeit von ca. 5 Stunden, in der der weitest- aus größte Teil der vergärbaren Zucker in Alkohol umgewandelt wird. Als Biokatalysator hat sich in vorteilhafter Weise der in der DE-PS 37 04 478 beschriebene Katalysator wegen seiner guten mechanischen Festigkeit und seines ausgezeichneten Verhaltens in der Wirbelschicht bewährt.

Das flüssige Medium wird dem Fermenter 25 kontinuierlich entnommen und über die Leitung 27 in den Separator 28 geführt, wo die Abtrennung der im Fermenter 25 gebildeten freien Hefezellen erfolgt. Die abzentrifugierte Hefe wird über die Leitung 29 ausgetragen, während das feststofffreie flüssige Medium über die Leitung 30 in den Wärmeaustauscher 31 gelangt, wo es auf eine Temperatur von 62°C erhitzt wird. Im Wärmeaustauscher 31 hat das Medium eine Verweilzeit von ca. 20 Minuten. Ein Teilstrom des Ablaufs des Wärmeaustauschers 31 wird über die Leitung 40 dem Wärmeaustauscher 41 zugeführt und dort auf die Vergärungstemperatur abgekühlt sowie über die Leitung 42 in den Fermenter 25 zurückgeführt.

Der restliche Ablauf des Wärmeaustauschers 31 — also das heiße Bier — wird in zwei Teilströmen geteilt. Der erste Teilstrom gelangt über die Leitung 32 in die Strippkolonne 33, die bei einer mittleren Betriebstemperatur von 52°C betrieben wird. Die Strippkolonne 33 wird über die Leitung 34 mit Luft beschickt, die eine Temperatur von 70°C hat, die einen Wassergehalt aufweist, der 92% des Sättigungs-Wassergehalts, bezogen auf die Luftaustrittstemperatur, beträgt, und die der Strippkolonne 33 in einer Menge von 4,5 Nm³/l Bier zugeführt wird. Der Wassergehalt der Luft wird in der Weise eingestellt, daß über die Leitung 35 eine Zufuhr von Wasserdampf in die Leitung 34 erfolgt. Das Bier hat in der Strippkolonne 33 eine Aufenthaltszeit von 12 Minuten. Der Luftstrom wird aus der Strippkolonne 33 über die Leitung 36 abgeführt. Aus dem Luftstrom können die kondensierbaren Bestandteile, insbesondere Äthanol und Wasser, in einem Kondensator abgetrennt werden; der Kondensator ist in der Zeichnung nicht dargestellt.

Das aus der Strippkolonne 33 über die Leitung 38 abfließende entalkoholisierte Produkt wird auf Atmosphärendruck (1 bar) entspannt und im Wärmeaustauscher 39 auf eine Temperatur von 2°C abgekühlt.

Dem Wärmeaustauscher 39 wird über die Leitung 37 auch der zweite Teilstrom des heißen Biers zugeführt, der den Wärmeaustauscher 31 verläßt. Auch dieser Teilstrom wird im Wärmeaustauscher 39 auf eine Temperatur von 2°C abgekühlt. Das Mengenverhältnis der beiden Teilströme, welche den Wärmeaustauscher 31 über die Leitungen 32 und 37 verlassen, liegt so, daß ein Alkoholgehalt < 0,5 Vol.% resultiert.

Der Ablauf des Wärmeaustauschers 39 gelangt über die Leitung 43 in den Fermenter 44, der nach dem Prinzip des Schlaufenreaktors arbeitet, der den Biokatalysator enthält, der auch im Fermenter 25 zum Einsatz kommt und der bei einer Temperatur von 2°C sowie einem Druck von ca. 1,4 bar arbeitet. Im Fermenter 44 hat das alkoholarme Produkt eine Aufenthaltszeit von 1 Stunde, in der zwar eine geschmackliche Verbesse-

5
 10
 15
 20
 25
 30
 35
 40
 45
 50
 55
 60
 65

nung, aber keine Erhöhung des Alkoholgehalts des Produkts eintritt. Der Ablauf des Fermenters 44 wird über die Leitung 45 einem Filter 46 zugeführt, das ggf. mit einem Filterhilfsmittel betrieben wird und in dem Trubstoffe sowie eventuell vorhandene freie Hefezellen aus dem alkoholarmen Bier abgetrennt werden. Das alkoholarme Bier hat einen Alkoholgehalt < 0,5 Vol.% und verläßt das Filter 46 über die Leitung 47, in der es mit CO₂ versetzt werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von alkoholarmem Bier, bei dem

- a) zerkleinerte und ggf. gemälzte stärkehaltige Rohstoffe mit Wasser eingemaischt und die Maische, die eine Temperatur von 35 bis 75°C hat, mindestens einem Reaktor kontinuierlich zugeführt wird, wobei die Temperatur der Maische vor Eintritt in die einzelnen Reaktoren durch indirekten Wärmeaustausch stufenweise auf eine Endtemperatur von 75 bis 85°C angehoben wird, wobei die Verweilzeit der Maische in den Reaktoren 30 bis 90 Minuten beträgt und wobei die Maische in den einzelnen Reaktoren auf einem definierten Temperaturniveau gehalten wird,
- b) der Treber aus der Maische in einem Dekanter kontinuierlich abgetrennt und anschließend mit dem Brauwasser in einem zweistufigen Dekanter ausgelaugt wird,
- c) die feststofffreie, heiße Würze mit Hopfen oder Hopfenextrakt gemischt sowie kontinuierlich einem Durchflußreaktor zugeführt und auf eine Temperatur von 105 bis 140°C erhitzt wird sowie während der Durchgangszeit durch den Reaktor von 2 bis 60 Minuten auf dieser Temperatur und auf einem Druck von 1,2 bis 3,6 bar gehalten wird,
- d) die unter Druck stehende Würze einer Entspannungsverdampfung unterworfen, in einem Separator kontinuierlich von den Trubstoffen befreit und anschließend in einem Wärmeaustauscher auf die Vergärungstemperatur abgekühlt wird,
- e) die abgekühlte Würze mit einem Sauerstoffgehalt von 0,5 bis 3,0 mg O₂/l mindestens einem als Schlaufenreaktor gestalteten Fermenter kontinuierlich zugeführt wird, der bei einer Temperatur von 6 bis 25°C sowie einem Druck von 1,5 bis 2 bar arbeitet, in dem die Würze eine mittlere Verweilzeit von 1 bis 40 Stunden hat sowie ständig im Kreislauf geführt wird und in dem sich ein Biokatalysator befindet, der eine biologisch aktive Hefe enthält,
- f) während der Gärung kontinuierlich flüssiges Medium aus dem Fermenter abgezogen, zur Entfernung der sich darin befindlichen freien Hefezellen zentrifugiert, das enthefte flüssige Medium während 0,5 bis 30 Minuten auf 50 bis 90°C erhitzt und in drei Teilströme heißen Bieres aufgeteilt wird,
- g) ein Teilstrom des in der Verfahrensstufe f) anfallenden heißen Bieres abgekühlt und in den Fermenter zurückgeführt wird,
- h) aus einem zweiten Teilstrom des in der Verfahrensstufe f) anfallenden heißen Bieres der Alkohol kontinuierlich durch Strippen mit Luft und/oder Wasserdampf oder durch Entspan-

nungsverdampfung entfernt und das entalkoholisierte Bier mit dem dritten Teilstrom verschnitten wird, wobei das Mengenverhältnis des zweiten und dritten Teilstromes so gewählt wird, daß in der Mischung ein Alkoholgehalt < 2,5 Vol.%, vorzugsweise < 1 Vol.%, resultiert und

i) daß das in Verfahrensstufe h) anfallende heiße, alkoholarme Bier abgekühlt, filtriert und mit CO₂ versetzt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verfahrensstufe c) bei einer Temperatur von 110 bis 125°C sowie einem Druck von 1,4 bis 2,3 bar durchgeführt wird.

3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Entspannungsverdampfung gemäß Verfahrensstufe d) in zwei Stufen erfolgt, wobei in der ersten Stufe auf 1 bar und in der zweiten Stufe auf 0,3 bis 0,7 bar entspannt wird.

4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß während der Entspannungsverdampfung CO₂ zugeführt wird.

5. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Würze nach Abtrennung der Trubstoffe gemäß Verfahrensstufe d) in einen Lagerbehälter geführt wird und daß die dem Lagerbehälter entnommene Würze vor ihrem Eintritt in den Wärmeaustauscher der Stufe d) kurzfristig auf 60 bis 100°C erhitzt wird.

6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Verweilzeit im Fermenter 1 bis 8 Stunden beträgt.

7. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das enthefte flüssige Medium gemäß Verfahrensstufe f) während 15 bis 20 Minuten auf 60 bis 65°C erhitzt wird.

8. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß aus dem 50 bis 60°C heißen zweiten Teilstrom des Bieres der Alkohol durch Strippen mit Luft in einer Kolonne entfernt wird, wobei die Luft mit Wasserdampf angereichert ist und eine Temperatur von 60 bis 100°C hat, und daß das alkoholfreie Bier anschließend auf 1 bar entspannt wird.

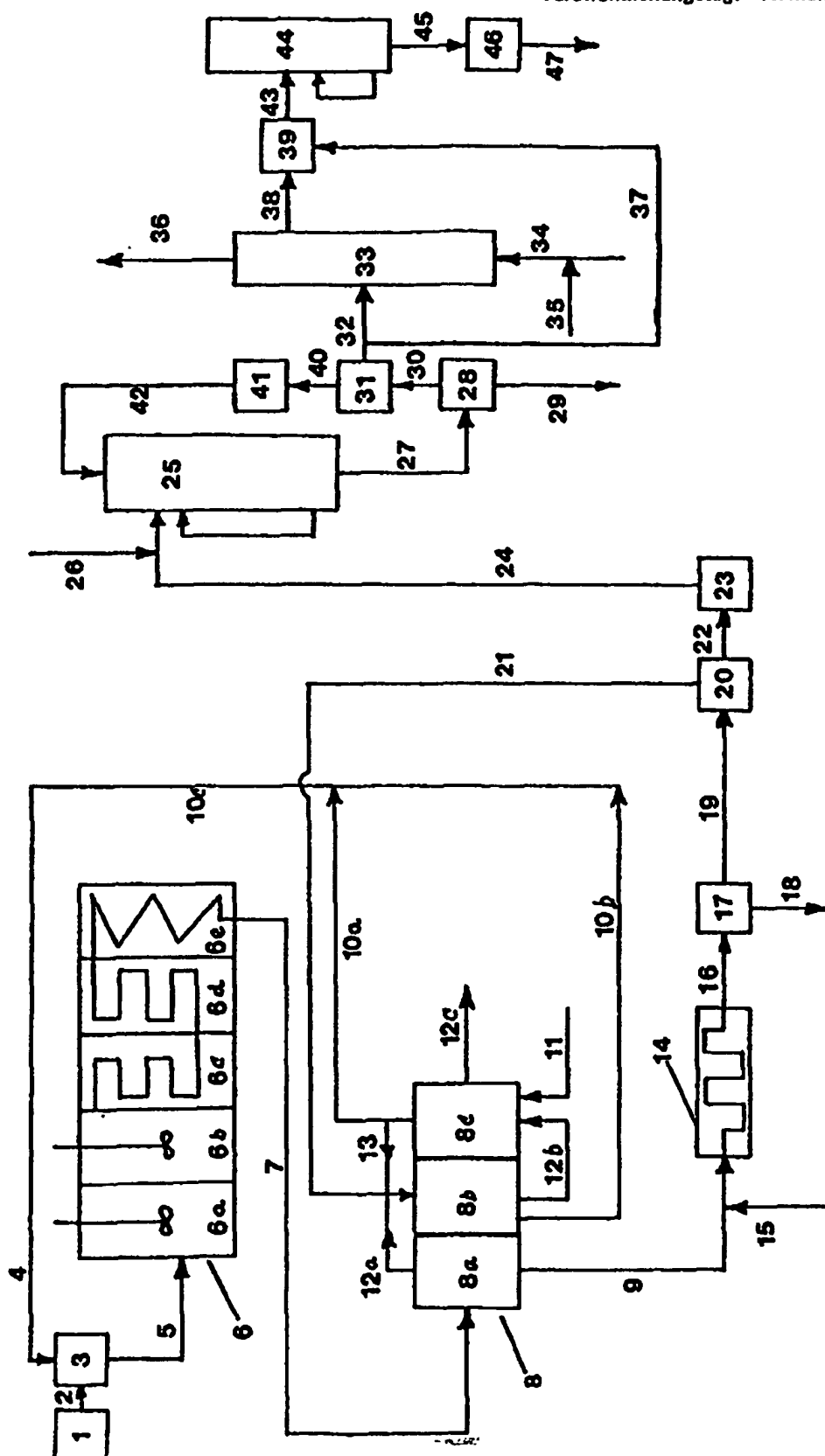
9. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das in der Verfahrensstufe h) gewonnene alkoholarme Bier zur Reifung einem weiteren als Schlaufenreaktor gestalteten Fermenter zugeführt und dort bei einer Temperatur von 0 bis 6°C sowie einem Druck von 1,2 bis 1,5 bar 0,2 bis 2 Stunden gehalten wird, wobei sich in diesem Fermenter ein Biokatalysator befindet, der mit dem in Verfahrensstufe e) verwendeten Biokatalysator identisch ist.

10. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Biokatalysator einen TiO₂-Gehalt von 5 bis 30 Gew.% aufweist sowie eine biologisch aktive Hefe und eine gelartige Matrix enthält, wobei die TiO₂-Teilchen einen Durchmesser von 0,1 bis 1 µm haben und der Katalysator kugelförmig ist.

11. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Einmaischen der zerkleinerten Rohstoffe gemäß Verfahrensstufe a) in einer Kolloldmühle erfolgt.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -



March 7, 1944.

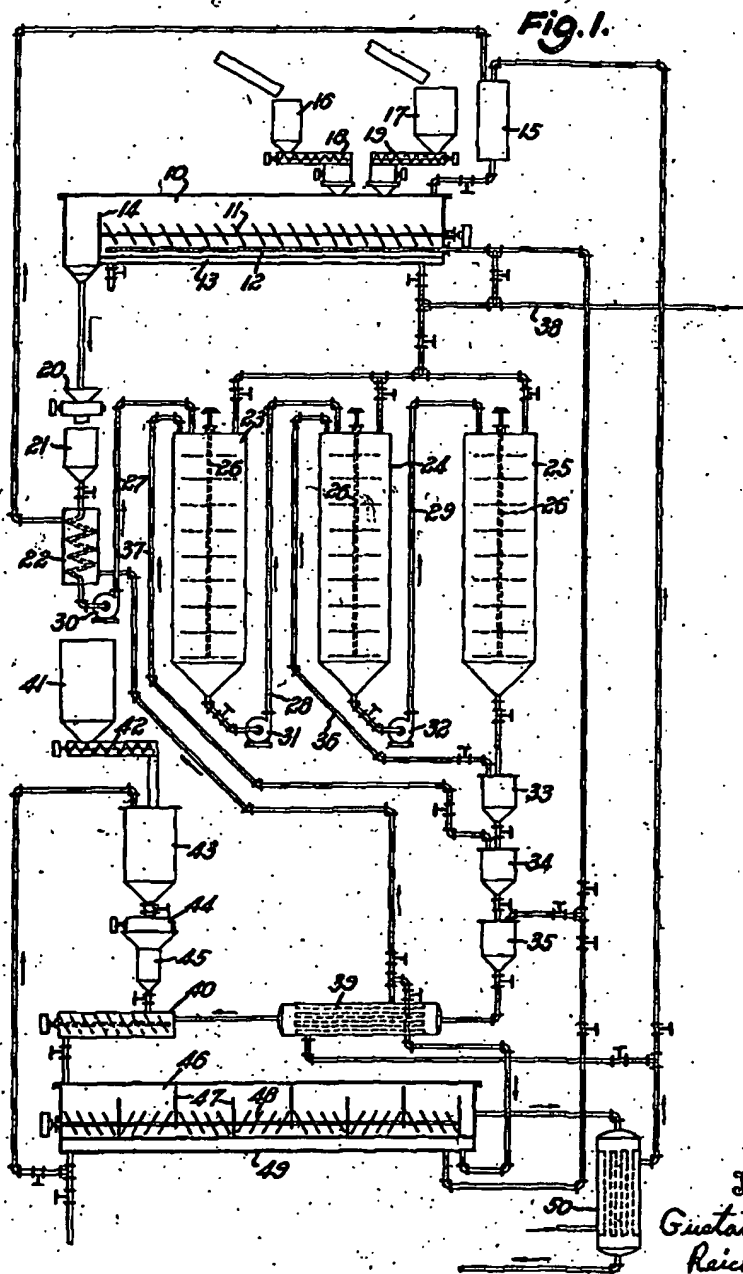
G. T. REICH

2,343,706

PROCESSING OF MATERIALS

Filed Feb. 23, 1940

2 Sheets-Sheet 1



Inventor:

Guustave T.
Reich

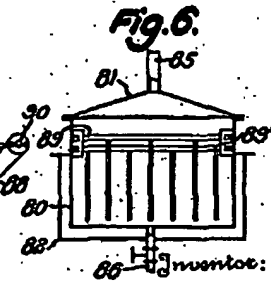
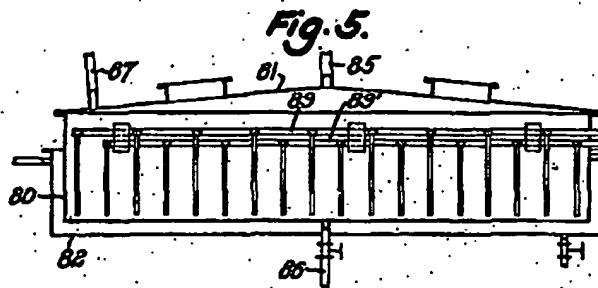
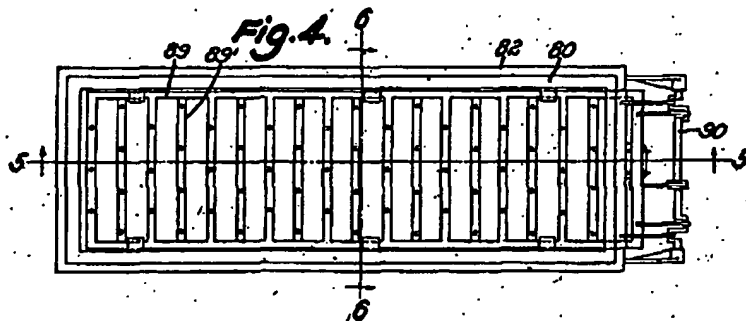
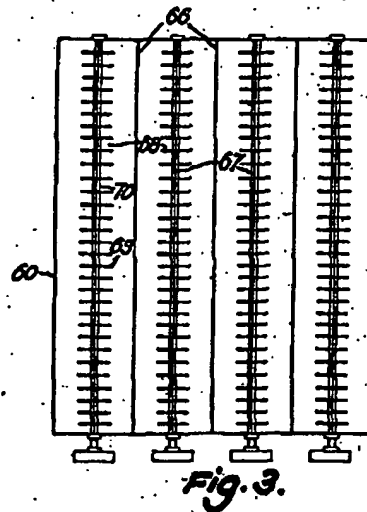
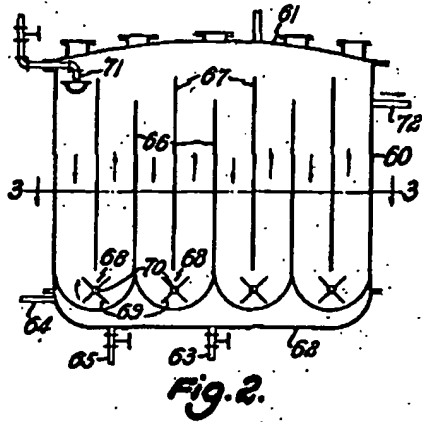
By *Potter, Pierce & Schaffler*
Attorneys

March 7, 1944.

G. T. REICH
PROCESSING OF MATERIALS
Filed Feb. 23, 1940

2,343,706

2 Sheets-Sheet 2



Guustave T. Reich

334, Potter, Pierce & Schaffer

Attorneys

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.